

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.202404040



采用两阶段超效率 SBM-DEA 模型的 创新型省份创新效率评价

严圣艳, 侯伶

(华侨大学 经济与金融学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 采用两阶段超效率 SBM-DEA 模型, 对 10 个主要创新型省份 2015—2022 年的创新效率进行测度, 借助 Malmquist 指数法和耦合协调度模型分析各省创新效率的动态趋势和两阶段创新效率的协调性。根据两阶段效率特征和分布特点, 探讨各类省份的效率增长路径。结果表明: 广东省、江苏省和福建省的两阶段创新效率和整体创新效率均达到 DEA 有效; 多数创新型省份的商业转化阶段创新效率高于技术研发阶段创新效率, 但各创新型省份商业转化阶段的 TFP 低于技术研发阶段的 TFP; 各创新型省份两阶段发展协调性总体较差, 多数省份效率提升路径偏向于技术研发效率增长。

关键词: 创新型省份; 创新效率; 两阶段超效率 SBM-DEA 模型; Malmquist 指数

中图分类号: F 124.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-5013(2025)02-0230-07

Evaluation of Innovation Efficiency of Innovative Provinces Using Two-Stage Super-Efficiency SBM-DEA Model

YAN Shengyan, HOU Ling

(School of Economics and Finance, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Using a two-stage super-efficiency SBM-DEA model, the innovation efficiency of ten major innovative provinces from 2015 to 2022 is measured, the Malmquist index method and coupling coordination degree model are used to analyze the dynamic trend of innovation efficiency and the coordination of two-stage innovation efficiency in each province, and to explore the efficiency growth paths of various provinces based on two-stage efficiency characteristics and distribution characteristics. The results show that Guangdong Province, Jiangsu Province and Fujian Province had achieved DEA efficiency in both two-stage innovation efficiency and overall innovation efficiency, the innovation efficiency in the commercial transformation stage of most innovative provinces was higher than that in the technology research and development stage, but the TFP in the commercial transformation stage of each innovative province was lower than that in the technology research and development stage, the overall development coordination of the two-stage of each innovative province was relatively poor, and the efficiency improvement paths of most provinces tended to focus on the increase of technology research and development efficiency.

Keywords: innovative province; innovation efficiency; two-stage super-efficiency SBM-DEA model; Malmquist index

收稿日期: 2024-04-18

通信作者: 严圣艳(1985—), 女, 副教授, 博士, 主要从事创新经济学的研究。E-mail: 151408030@qq.com。

基金项目: 福建省社科规划重点项目(FJ2022A012); 福建省创新战略研究项目(2020R0057); 华侨大学高层次人才科研启动项目(21SKBS011)

“科技是第一生产力,创新是第一动力”充分体现了科技创新在国家发展全局中的核心地位。为强化国家战略科技力量,助力建设创新型国家,早在 2008 年,山东省、江苏省和浙江省率先提出了以建设创新型省份推动建设创新型国家的规划,此举取得了良好效果。2013 年,我国科技部首次发函批准江苏省作为创新型试点省份的先行者。为深入实施创新驱动发展战略,确保我国 2020 年实现进入创新型国家行列的目标,2016 年,科技部制定了《建设创新型省份的工作指引》。截止目前,科技部批准了江苏省、安徽省、陕西省、浙江省、湖北省、广东省、福建省、山东省、四川省、湖南省、吉林省等 11 个省份的建设试点。创新型试点省份政策已经推行 10 a,该政策为我国科技创新做出了巨大的贡献,但由于不同地区的发展模式、发展速度不同,各省份的创新效率存在一定差异。未来几年是创新型省份建设的决胜期,评估主要创新型省份的创新效率,研究不同省份之间效率的差异,具有较强的理论意义与实践意义。

目前,有关创新型省份试点政策的效果评价分为两类:一类采用因果推断法检验创新型城市或省份的政策效果^[1-5];另一类采用数据包络分析(DEA)方法和回归模型对区域创新效率及其影响因素进行评价和分析^[6-8]。基于此,本文采用两阶段基于超效率松弛值测算-数据包络分析(SBM-DEA)模型对创新型省份的创新效率进行评价。

1 数据指标

1.1 创新流程分解

创新行为是多主体互动、多要素流通的复杂流程,创新效率则是在综合考虑各主体产业基础、技术水平及要素禀赋等因素上,对创新行为的投入产出比进行衡量。在全面推进创新型省份建设中,各省技术研发和商业转化“两手抓”措施说明科技研发投入并不能直接转化为经济效益,将科技创新过程分解为技术研发和商业转化两个子阶段能够做出更有效的创新效率评价。

首先,在技术研发阶段,各省在研发过程中将研发经费、研发人员等作为初始科研投入,得到授权专利、科技论文等科技成果作为中间产出;其次,在商业转化阶段,将技术研发阶段的中间产出作为商业转化阶段的中间投入,且由于存在科技成果流转成本而追加技术合同交易额等追加投入,得到新产品销售额和地区生产总值等最终产出。图 1 为创新投入产出流程。

1.2 指标选取

遵循创新过程的两阶段性和指标数据的现实意义和可操作性,共选取 2 个初始投入指标、2 个中间产出指标、1 个追加投入指标及 2 个最终产出指标。

1) 初始投入指标,即技术研发阶段的投入指标。各省在建设创新型省份中主要通过人才培养、财政科技投入等方式支持技术研发活动,人才与资本是技术创新的主要要素,故选取研究与试验发展(R&D)人员、经费投入作为技术创新的初始投入指标,考虑到创新型省份的规模差异性显著,将初始投入指标确定为“每万人 R&D 人员折合全时当量”和“R&D 经费内部支出占 GDP 比重”^[9]。

2) 中间产出指标,即技术研发阶段的产出指标和商业转化阶段的部分投入指标。技术研发阶段是新技术的孵化期,授权专利和科技论文产出被视为新技术孵化的实用型和学术型成果,需通过商业化和产业化转化为直接经济效益。因此,将中间产出指标确定为“专利授权数”和“科技论文发表数”。

3) 追加投入指标,即商业转化阶段的部分投入指标。该指标体现了技术转移和科技成果转化的总体规模,能够反映中间科研产出参与商业转化阶段的规模,可作为商业转化阶段的投入指标。因此,将追加投入指标确定为“技术合同成交金额”。

4) 最终产出指标,即商业转化阶段的产出指标。新产品指突破了原有技术或工艺而提高经济效益的产品,新产品销售额能够反映微观企业在研发创新中的盈利能力,以及传统产业转型升级的程度。地区生产总值能衡量各创新型省份的整体经济发展水平。因此,将最终产出指标确定为“新产品销售额”和“地区生产总值”。

1.3 数据来源

在 11 个创新型省份中,吉林省获批最晚,吉林省创新效率起点低而增速快,考虑到测算结果的稳健

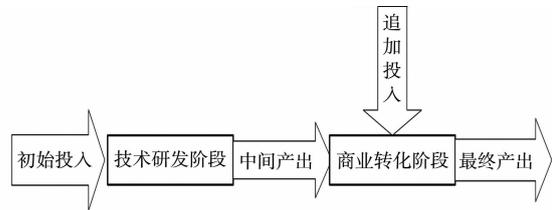


图 1 创新投入产出流程

Fig. 1 Innovation input-output process

性,暂不将其纳入研究对象。鉴于创新产出相较于投入具有一定的滞后性,目前,大部分学者在进行创新投入产出研究时,普遍设置两年的滞后期。因此,文中在评估第 N 年创新效率时,采用第 N 年的产出指标与第 $N-2$ 年的投入指标。

指标数据均来源于 2014—2023 年的《中国高技术产业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国社会统计年鉴》和《中国火炬统计年鉴》。

2 研究方法

2.1 超效率 SBM-DEA 模型

规模报酬不变的 CCR 模型与 BCC 模型在进行效率评估时,不仅存在投入产出变量松弛问题,导致效率测算结果误差较大,而且当多个决策单元都为有效时,无法对有效的决策单元效率进行区分。由于研究对象是各创新型省份,这些省份在创新效率排行上基本处于全国领先地位,采用传统的 DEA 模型进行效率评价会出现较多效率值为 1 的单元,无法体现“优中取优”的效率评价原则。超效率 SBM-DEA 模型将松弛变量纳入目标函数,能够精确地度量决策单元的投入产出效率,同时为有效决策单元进行排序。

假定有 n 个决策单元(DMU),每个决策单元都有 m 种相同投入和 q 种相同产出, $x_{i,k}$ ($i=1, \dots, m$) 为第 k 个决策单元的投入, $y_{r,k}$ ($r=1, \dots, q$) 为第 k 个决策单元的产出。

超效率 SBM-DEA 模型的线性规划公式为

$$\begin{aligned} \min \rho = & \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i,k}}}{1 - \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q \frac{s_r^-}{y_{r,k}}}, \\ \text{s. t. } & \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{i,j} \lambda_j - s_i^- \leq x_{i,k}, \quad \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{r,j} \lambda_j + s_r^+ \geq y_{r,k}, \quad \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j = 1, \\ & \lambda, s^-, s^+ \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad r = 1, 2, \dots, q, \quad j = 1, 2, \dots, n (j \neq k). \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中: ρ 为效率值,当 $\rho \geq 1$ 时,说明决策单元有效; λ 为权重; s^- 与 s^+ 为松弛变量, s^- 表示投入冗余, s^+ 表示产出不足。

参考文献[10]的方法,通过超效率 SBM-DEA 模型测算技术研发阶段创新效率 E_1 和商业转化阶段创新效率 E_2 后,将两阶段的创新效率进行乘算,得出整体创新效率 E ,这种测算方法考虑了中间投入和中间产出对整体创新效率的影响,较大程度上避免了创新过程的“黑箱”问题。

整体创新效率的测算公式为

$$E = E_1 \times E_2. \quad (2)$$

这种测算方法可提高效率测算结果的稳定性,一方面,克服了两个子阶段 DEA 有效时,整体阶段未能实现 DEA 有效的矛盾;另一方面,避免了任意一个子阶段未实现 DEA 有效,且两个子阶段运行效果差距较大时,整体创新效率反而有效的问题。

2.2 Malmquist 模型

由于传统的 DEA 模型只能独立分析每年的 DMU 技术效率,无法识别 DMU 的跨期动态效率变化,因此,参考文献[11]的方法,采用超效率 SBM-DEA 模型测算各省静态创新效率,并引进 Malmquist 指数法测算全要素生产率指数(TFP),以了解各省的动态创新趋势。

TFP 的计算公式为

$$\text{TFP} = \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \times \sqrt{\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1}) \times D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) \times D_c^{t+1}(x^t, y^t)}}. \quad (3)$$

式(3)中: $D_c^t(x^t, y^t)$ 为 (x^t, y^t) 在 t 期的距离函数; $D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 为 (x^{t+1}, y^{t+1}) 在 $t+1$ 期的距离函数; $D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 为 (x^{t+1}, y^{t+1}) 在 t 期的距离函数; $D_c^{t+1}(x^t, y^t)$ 为 (x^t, y^t) 在 $t+1$ 期的距离函数。

当 $\text{TFP} > 1$ 时,表示 t 期到 $t+1$ 期全要素生产率上升;当 $\text{TFP} = 1$ 时,表示 t 期到 $t+1$ 期全要素生产率不变;当 $\text{TFP} < 1$ 时,表示 t 期到 $t+1$ 期全要素生产率下降。

2.3 耦合协调度模型

采用耦合协调度分析创新型省份技术研发和商业转化的发展协调性^[12]。由于超效率 SBM-DEA 模型有较多评价单元的 DEA 效率值大于 1, 为了使耦合度和耦合协调度等各项指标数值都介于 0~1, 对两阶段创新效率(E_1, E_2)作无量纲标准化处理, 有

$$U = \left(\frac{E_I - E_{I,\min}}{E_{I,\max} - E_{I,\min}} \right) \times 0.99 + 0.01. \quad (4)$$

式(4)中: U 为标准化的值; E_I 为子阶段创新效率; $E_{I,\max}$ 为相应子阶段创新效率的最大值; $E_{I,\min}$ 为相应子阶段创新效率的最小值。

技术研发-商业转化的两个子系统的耦合协调度公式为

$$\left. \begin{aligned} D &= \sqrt{C \times T}, \\ C &= 2 \times \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)^2}}, \quad T = \alpha \times U_1 + \beta \times U_2. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式(5)中: D 的取值范围为 $[0, 1]$, D 越小, 耦合协调发展水平越低, D 越大, 耦合协调发展水平越高; C 为技术研发与商业转化两个子阶段的耦合度; T 为两阶段的综合协调指数; U_1, U_2 为同一时间段子阶段创新效率无量纲标准化后的值; α, β 分别为两个子阶段创新效率对耦合协调度的贡献系数, 取 $\alpha = \beta = 0.5$, 认为技术研发和商业转化的创新水平对整体评价的重要程度相当。

3 研究结果与分析

3.1 静态创新效率评价

根据创新投入与产出指标体系, 采用超效率 SBM-DEA 模型和 Dea-Solver Pro 5 软件进行测算。

3.1.1 技术研发阶段的创新效率 2015—2022 年创新型省份技术研发阶段的创新效率, 如表 1 所示。表 1 中: $E_{1,\text{ave}}$ 为技术研发阶段创新效率平均值。由表 1 可得以下 3 个结论。

1) 技术研发阶段创新效率的地区差距较大, 2015—2022 年, 江苏省、广东省、福建省和四川省的创新效率始终大于 1, 说明这些省份在技术研发阶段的创新活动达到 DEA 有效; 安徽省、陕西省的创新效率较低, 远落于其他省份, 未达到 DEA 有效。

2) 从变化趋势来看, 广东省、山东省的创新效率增长较稳定, 湖北省、陕西省的创新效率呈波动上升趋势, 江苏省则呈波动下降趋势, 说明各省总体上创新态势不稳定, 未能实现创新效率连续稳定增长。

3) 从创新效率排行来看, 四川省、广东省、江苏省和福建省一直稳居前列, 广东省的创新效率起点较高, 呈增长趋势, 且在 2017—2019 年间呈领跑态势; 安徽省、陕西省的创新效率常年落后, 创新效率平均值与其他省份差距悬殊。

表 1 2015—2022 年创新型省份技术研发阶段的创新效率

Tab. 1 Innovation efficiency in technology research and development stage of innovative provinces from 2015 to 2022

| 省份 | E_1 | | | | | | | | $E_{1,\text{ave}}$ |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|
| | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 | 2021 年 | 2022 年 | |
| 江苏 | 1.263 | 1.132 | 1.163 | 1.119 | 1.142 | 1.100 | 1.094 | 1.156 | 1.146 |
| 浙江 | 1.020 | 0.612 | 0.548 | 0.492 | 0.492 | 0.519 | 0.498 | 0.516 | 0.587 |
| 安徽 | 0.558 | 0.543 | 0.487 | 0.479 | 0.488 | 0.579 | 0.535 | 0.517 | 0.523 |
| 福建 | 1.000 | 1.048 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.064 | 1.014 |
| 山东 | 0.592 | 0.576 | 0.533 | 0.509 | 0.563 | 0.801 | 1.073 | 1.073 | 0.715 |
| 湖北 | 0.511 | 0.579 | 0.631 | 0.625 | 0.581 | 0.664 | 0.622 | 0.662 | 0.609 |
| 湖南 | 1.038 | 1.043 | 1.061 | 1.049 | 0.701 | 0.618 | 0.548 | 0.691 | 0.844 |
| 广东 | 1.100 | 1.203 | 1.348 | 1.386 | 1.409 | 1.207 | 1.209 | 1.240 | 1.263 |
| 四川 | 1.402 | 1.285 | 1.269 | 1.269 | 1.218 | 1.238 | 1.232 | 1.221 | 1.267 |
| 陕西 | 0.364 | 0.470 | 0.329 | 0.294 | 0.337 | 0.438 | 0.370 | 0.409 | 0.376 |

3.1.2 商业转化阶段的创新效率 2015—2022 年创新型省份商业转化阶段的创新效率, 如表 2 所示。表 2 中: $E_{2,\text{ave}}$ 为技术研发阶段创新效率平均值。由表 2 可得以下 3 个结论。

1) 各省商业转化阶段创新效率差距悬殊,2015—2022年,福建省、广东省、湖南省、山东省和浙江省的创新效率均大于1,其中,福建省的创新效率更是在2020年首度突破2,位居榜首;安徽省、湖北省、陕西省和四川省未达到DEA有效,其中,四川省商业转化阶段的创新效率与其他省份相差甚远,四川省在技术研发阶段的创新效率排行较前,而在商业转化阶段不尽人意。

2) 从变化趋势来看,创新型省份商业转化阶段创新效率总体呈增长趋势,且增长趋势较技术研发阶段更为显著,部分省份商业转化阶段的创新效率波动较大,安徽省、湖北省和陕西省的创新效率起伏动荡,说明相较于技术研发阶段,各创新型省份商业转化阶段进程差距明显。

3) 从创新效率排行来看,福建省商业转化阶段的创新效率为2.088,远超排名第2的浙江省,这说明福建省在商业转化阶段的成就和优势不愧“品牌之都”的荣誉称号;四川省常年落后于其他省,商业转化阶段的创新效率平均值倒数第1名,与倒数第2名的湖北省差距为0.369。

表2 2015—2022年创新型省份商业转化阶段的创新效率

Tab. 2 Innovation efficiency in commercial transformation stage of innovative provinces from 2015 to 2022

| 省份 | E_2 | | | | | | | | $E_{2,ave}$ |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 2021年 | 2022年 | |
| 江苏 | 1.039 | 0.703 | 1.003 | 1.018 | 1.043 | 1.202 | 1.175 | 1.219 | 1.050 |
| 浙江 | 1.519 | 1.645 | 1.721 | 1.324 | 1.224 | 1.162 | 1.230 | 1.200 | 1.378 |
| 安徽 | 0.608 | 0.630 | 0.751 | 1.076 | 1.126 | 1.227 | 1.181 | 1.128 | 0.966 |
| 福建 | 1.728 | 1.945 | 1.687 | 1.857 | 1.937 | 2.193 | 2.012 | 3.345 | 2.088 |
| 山东 | 1.286 | 1.141 | 1.129 | 1.119 | 1.114 | 1.114 | 1.182 | 1.198 | 1.160 |
| 湖北 | 0.516 | 1.023 | 1.017 | 1.031 | 1.047 | 0.633 | 0.678 | 0.784 | 0.841 |
| 湖南 | 1.418 | 1.313 | 1.452 | 1.374 | 1.218 | 1.273 | 1.191 | 1.145 | 1.298 |
| 广东 | 1.248 | 1.355 | 1.377 | 1.332 | 1.400 | 1.201 | 1.234 | 1.087 | 1.279 |
| 四川 | 0.360 | 0.344 | 0.338 | 0.380 | 0.464 | 0.403 | 0.421 | 1.063 | 0.472 |
| 陕西 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.211 | 1.000 | 1.060 | 1.080 | 1.100 | 0.931 |

3.1.3 整体创新效率 创新型省份整体创新效率平均值,如图2所示。图2中: E_{ave} 为整体创新效率平均值。由图2可得以下2个结论。

1) 从整体创新效率基本情况来看,江苏省、福建省、广东省和湖南省整体创新效率平均值达到DEA有效,安徽省、四川省和陕西省的整体创新效率平均值低于0.5,整体创新过程运行状况不佳。

2) 从两阶段创新效率分布来看,在整体创新效率平均值大于1的4个省份中,江苏省、福建省和广东省的两个创新子阶段创新效率均实现DEA有效,而湖南省在技术研发阶段创新效率却未实现DEA有效,在整体创新效率平均值低于0.5的3个省份中,四川省两阶段创新效率分布呈“研发高转化低”特征,而安徽省、陕西省的两阶段创新效率均未实现DEA有效,可见整体创新效率能反映各省在创新总和阶段的运行效果,但并不能完全解释两个子阶段创新发展不平衡、不协调的问题,因此,有必要进一步分析两阶段效率差距表现。

3.2 动态创新效率评价和两阶段协调性分析

3.2.1 动态创新效率评价 采用Malmquist指数模型,测算2015—2022年各省份两阶段全要素生产率指数(TFP_1, TFP_2),并以各省两阶段创新效率平均值是否达到DEA有效为标准,将其划分为高研发高转化、高研发低转化、低研发高转化、低研发低转化等4个类别,结果如表3所示。由表3可得以下2个结论。

1) 从动态创新效率来看,创新型省份的技术研发阶段创新效率的增长速度高于商业转化阶段。多数创新型省份在技术研发阶段都实现了全要素生产率指数的增长,而在商业转化阶段,各创新型省份均

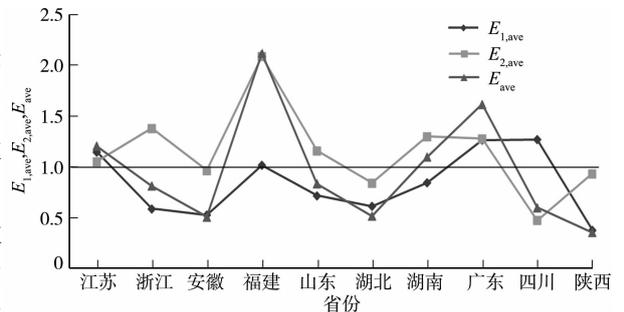


图2 创新型省份整体创新效率平均值

Fig. 2 Average values of overall innovation efficiency of innovative provinces

未实现全要素生产率指数的增长。

2) 高研发高转化的省份有福建省、广东省和江苏省;低研发高转化的省份有浙江省、湖南省和山东省;低研发低转化的省份有安徽省、陕西省和湖北省;高研发低转化的省份只有四川省。总而言之,多数省份的商业转化能力较强,但技术研发能力不足。

表 3 创新型省份两阶段创新效率及 TFP 的对比

Tab. 3 Comparison of two-stage innovation efficiency and TFP of innovative provinces

| 省份 | E_1 | E_2 | TFP_1 | TFP_2 | 类别 |
|----|-------|-------|---------|---------|--------|
| 江苏 | 1.146 | 1.050 | 1.038 | 0.958 | 高研发高转化 |
| 浙江 | 0.587 | 1.378 | 1.042 | 0.890 | 低研发高转化 |
| 安徽 | 0.523 | 0.966 | 1.006 | 0.989 | 低研发低转化 |
| 福建 | 1.014 | 2.088 | 1.028 | 0.917 | 高研发高转化 |
| 山东 | 0.715 | 1.160 | 1.098 | 0.948 | 低研发高转化 |
| 湖北 | 0.609 | 0.841 | 0.997 | 0.925 | 低研发低转化 |
| 湖南 | 0.844 | 1.298 | 1.000 | 0.870 | 低研发高转化 |
| 广东 | 1.263 | 1.279 | 1.098 | 0.957 | 高研发高转化 |
| 四川 | 1.267 | 0.472 | 0.994 | 0.993 | 高研发低转化 |
| 陕西 | 0.376 | 0.931 | 1.020 | 0.937 | 低研发低转化 |

3.2.2 两阶段协调性分析 创新型省份两阶段发展协调度(耦合协调度),如表 4 所示。由表 4 可得以下 2 个结论。

1) 从两阶段发展协调度来看,除四川省、陕西省的协调度低于 0.5 外,其他省的协调度均高于 0.5,且更多集中于 [0.5, 0.8],各省协调度排行与整体创新效率排行基本一致,其中,江苏省、广东省、福建省和湖南省的两阶段协调等级达到良好协调及以上,四川省、陕西省两阶段出现失调问题。

2) 从分类特征来看,高研发高转化省份技术研发与商业转化活动协调效果理想;低研发低转化省份中,湖北省、安徽省的协调度高于 0.4,而陕西省的协调度仅为 0.232,说明同类型省份之间也存在协调性差异;低研发高转化省份的协调度均高于 0.5,但各省间存在较大差距;高研发低转化省份仅有四川省,其两阶段协调状况较差。

在分析各省两阶段创新效率差异、协调性差异的基础上,进一步研究创新效率分布和效率提升路径。将 10 个创新型省份技术研发阶段与商业转化阶段的 DEA 创新效率平均值绘制于 2×2 矩阵图中,以各省两阶段创新效率平均值是否大于 1 为分界线,划分为四象限。

创新型省份两阶段创新效率分布,如图 3 所示。

由图 3 可得以下 3 个结论。

1) 左下区域为低研发低转化省份。各阶段创新效率较低、发展协调性较差的省份一般采用双向协调式效率提升路径,通过两阶段创新效率的共同增长使其分布位置向有右上区域移动。陕西省、安徽省和湖北省的分布位置更靠近商业转化阶段创新效率分界线,其在双向效率提升路径中应更侧重于技术研发阶段。

2) 左上和右下区域分别为低研发高转化和高研发低转化省份,主要有浙江省、山东省、湖南省和四川省。这些省份的两阶段创新效率差值较大,通常表现为一个创新子阶段存在明显短板,进而拉低了整体创新效率。对于这类省份则采取单边突破式效率提升路径,侧重于提升弱势阶段的创新效率,从而提

表 4 创新型省份两阶段发展协调度

Tab. 4 Development coordination degree of two-stage of innovative provinces

| 省份 | D | 所属区间 | 协调等级 |
|----|-------|-----------|------|
| 江苏 | 0.749 | 0.70~0.79 | 良好协调 |
| 浙江 | 0.610 | 0.60~0.69 | 中级协调 |
| 安徽 | 0.483 | 0.40~0.49 | 濒临失调 |
| 福建 | 0.921 | 0.80~1.00 | 优秀协调 |
| 山东 | 0.639 | 0.60~0.69 | 中级协调 |
| 湖北 | 0.502 | 0.50~0.59 | 初级协调 |
| 湖南 | 0.723 | 0.70~0.79 | 良好协调 |
| 广东 | 0.842 | 0.80~1.00 | 优秀协调 |
| 四川 | 0.316 | 0.30~0.39 | 轻度失调 |
| 陕西 | 0.232 | 0.20~0.29 | 中度失调 |

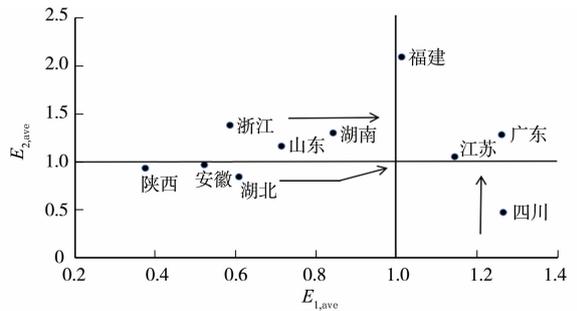


图 3 创新型省份两阶段创新效率分布

Fig. 3 Distribution of two-stage innovation efficiency of innovation provinces

高整体创新效率和两阶段协调性。

3) 右上区域为高研发高转化省份,以广东省、江苏省和福建省为代表,这些省份两阶段整体创新效率显著,发展协调性较高,但仍存在较大的阶段差异,其中,福建省在分布位置上更靠近技术研发阶段创新效率分界线,江苏省则更贴近商业转化阶段创新效率分界线,这类省份在保持优势阶段的创新效率领先地位的同时,注重提升较弱势阶段的创新效率,防止整体创新效率的衰退。

4 结论

1) 从静态创新效率来看,广东省、江苏省、福建省和四川省在技术研发阶段达到 DEA 有效,其他省份未达到 DEA 有效。在商业转化阶段,福建省、浙江省的创新效率领先,而四川省排名最后。从整体创新效率来看,广东省、江苏省、福建省和湖南省实现 DEA 有效。湖南省的整体创新效率有效归功于商业转化阶段的创新效率。四川省未能实现整体创新效率有效源于商业转化阶段创新效率极低。

2) 从动态创新效率来看,大部分创新型省份在技术研发阶段实现了创新效率的 TFP 增长,而在商业转化阶段各省均未实现创新效率的 TFP 增长。多数省份的商业转化阶段创新效率平均值高于技术研发阶段,呈高效转化特征的省份数量多于呈高效研发特征省份。由此可见,一方面,我国创新型省份的商业转化能力较强,基础研发能力较为薄弱;另一方面,表明我国创新型省份在基础研发方面正在不断取得进步,但是商业转化方面显得后劲不足。

3) 从耦合程度来看,各创新型省份两阶段发展协调性总体较差,多数省份效率提升路径偏向于技术研发效率增长。陕西省、安徽省和湖北省两阶段创新效率表现均不理想,适宜采用双向协调式效率提升路径,浙江省、四川省、山东省和湖南省两阶段创新效率差距较大,适宜采取单边突破式效率提升路径,广东省、江苏省和福建省整体创新效率优异省份需注重提升较弱势阶段效率,以巩固创新优势地位。

参考文献:

- [1] 曹希广,邓敏,刘乃全. 通往创新之路: 国家创新型城市建设能否促进中国企业创新[J]. 世界经济,2022,45(6): 159-184. DOI:10.19985/j.cnki.cassjwe.2022.06.005.
- [2] 武力超. 创新型试点城市的技术创新绩效综合评估[J]. 经济体制改革,2022(5):43-50.
- [3] 赵城,苏婧. 创新政策能否提升能源效率?: 来自国家创新型城市试点的经验证据[J]. 产业经济研究,2024(1):1-15. DOI:10.13269/j.cnki.ier.2024.01.008.
- [4] SEONGMIN S, WIEMER C. The impact of the innovation city project on the local economy: Evidence from Korean Innovation City Project from 2012 to 2014[J]. Journal of Asian Economics,2024,90:101677.
- [5] 严圣艳,朱凯. 创新型省份试点政策对我国产业升级的影响[J]. 华侨大学学报(哲学社会科学版),2023(4):71-82. DOI:10.16067/j.cnki.35-1049/c.20230703.001.
- [6] 王默,魏先彪,彭小宝,等. 国家创新型城市效率评价研究: 基于两阶段 DEA 模型[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2018,20(6):65-74. DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2018.2917.
- [7] 徐小阳,赵喜仓. 创新型省份建设绩效评价及其影响因素分析[J]. 统计与决策,2012(24):70-73.
- [8] 陈锦其,周学武,潘家栋. 浙江高水平创新型省份建设的进程评价: 基于县市 TFP 与创新集聚效应的实证分析[J]. 治理研究,2020,36(5):88-95. DOI:10.15944/j.cnki.33-1010/d.2020.05.010.
- [9] 尹凡,单莹洁,苏传华,等. 河北省区域创新绩效评价模型的构建[J]. 统计与决策,2011(14):77-79.
- [10] 程大友,冯英俊. 基于两阶段关联 DEA 模型的企业效率研究: 以财产保险公司为例[J]. 预测,2008(3):55-61.
- [11] 杨力,魏奇锋. 基于超效率 DEA 与 Malmquist 指数的区域研发效率评价: 四大国家级城市群比较研究[J]. 科技进步与对策,2022,39(10):41-51.
- [12] 谭涛,李俊龙. 我国高校科技成果转化与区域高技术产业发展水平测度以及耦合协调度研究[J]. 中国科学基金,2023,37(4):682-691. DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.20230512.001.

(责任编辑:钱筠 英文审校:黄心中)